電子部品発熱量測定システム『PM-100』 ～②測定方法について～

（株）SiM24 / 大木 滋

1.はじめに

当社は、（株）サーマルデザインラボ、名古屋市工業研究所と共同開発した電子部品発熱量測定システム『PM-100』を昨年の2013年7月に商品発表した。その後、翌月から受注を開始し、すでにお客様の方々のお手元に届けさせていただいており、今後も、より多くの自社内での電子機器製作における電子部品の発熱量測定から熱シミュレーションにいたる熱設計プロセスの改善に役立てていただけるものと考えている。

本稿では、2013年10月号掲載の第一報に記した測定原理に基いて商品化したシステムを紹介すると共に、実際に測定する際の留意点として測定対象の周囲にある部品の発熱の影響と、それをキャンセルする方法について報告する。

なお、この電子部品発熱量測定システムの主な特徴は、次の3点である。

①発熱量を5%以下の推定誤差で測定できる
②実動している回路上で計測が可能である
③熱解析シミュレーションとの連携により、熱設計プロセスの精度向上が実現できる

ここで、①の誤差は単一部品の場合での値であるが、本稿では、周囲の発熱部品の影響がある場合について述べる。また、③は本システムの測定原理から得られる電子部品から基板への熱抵抗の値に関係しており、熱解析シミュレーションへの展開に有益な情報であり、上記の周囲の発熱部品の影響への対策時の考察においても、その観点に留意して記述した。

2.商品の紹介

電子部品発熱量測定システム『PM-100』について、商品リスト、測定ヘッドなどの部品と設置、配線、及びソフトウエアの画面について概要を紹介する。次章では、測定方法について説明する。

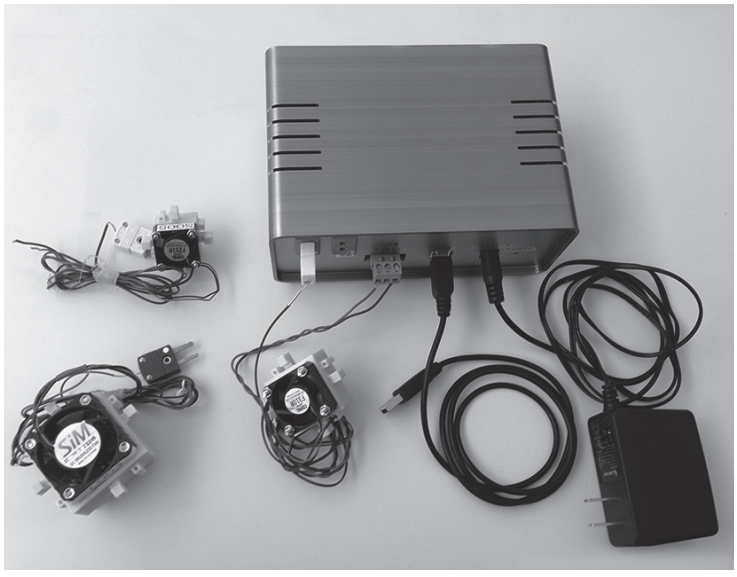

図1　本体と測定ヘッドの写真

項目	内　容
接続端子	測定ヘッド用接続端子2ch（熱電対、ファン）
PC I／F	USB 2.0
電源	ACアダプタ（AC100V、50～60Hz）
使用環境	0～45℃、5～85%RH（結露なきこと）
消費電力	3VA（最大）
外形寸法	170×70×120 mm
質量	670g ※ACアダプタ、USBケーブルは含まず

表1　PM-100本体仕様

本商品には、次のものが含まれている。

- 本体（熱電対計測、ファン回転、PC接続機能）
- 測定ヘッド（L、M、Sサイズの３種類）
- 室温計測用熱電対
- ノート型PC（測定ソフトウェアインストール済み）、USBケーブル、電源アダプタ
- 熱伝導性グリース
- 取扱説明書
- 測定ヘッド固定用の輪ゴム治具サンプル

本体と測定ヘッドは図１のような外観、本体の仕様は表１のとおりで、軽量で、取り扱いは便利である。

また図２に示した通り、測定ヘッドは３種類の大きさがある。測定対象の電子部品の大きさを超えないサイズを選定する。なお、測定ヘッドの設置が不安定な場合には輪ゴムを用いた治具により固定する場合もある。また、測定ヘッドと電子部品の間の熱抵抗を増加させないために、空気層が生じないように熱伝導性グリースを塗布する。

図３は、測定ソフトウェアの画面構成を示した。左上に各種設定領域があり、選定した測定ヘッドを指定したり、ファン電圧を指定したりできる。右上のグラフは横軸時間、縦軸がΔＴ（測定ヘッド温度と室温の差異）の時間遷移を示している。下方のグラフと表は、測定したデータを表示している。

次章では、この測定ソフトウェアの画面に沿って、測定方

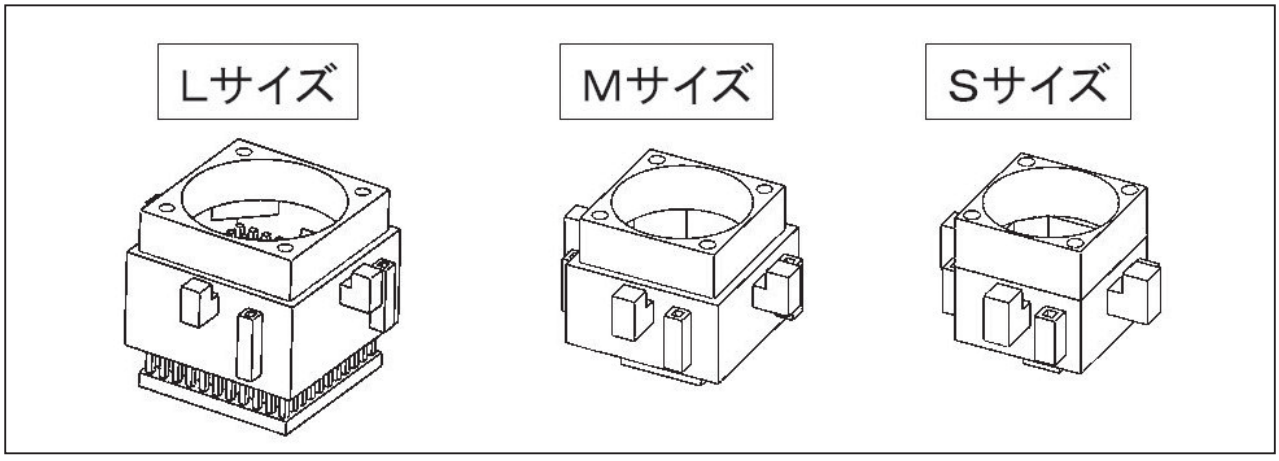

図2　測定ヘッドの種類

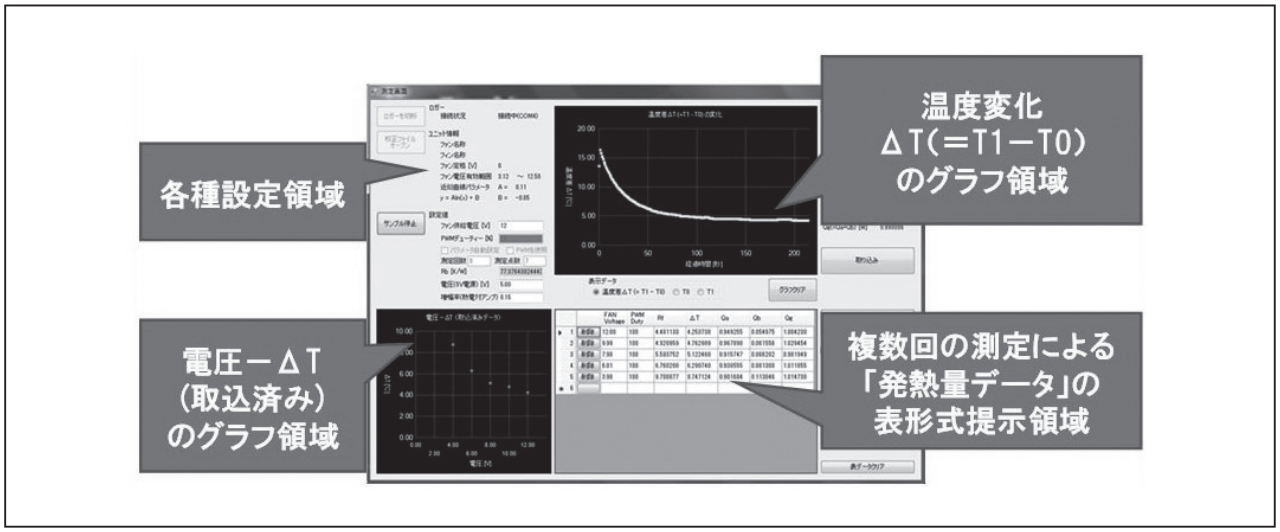

図3　測定ソフトウェアの画面レイアウト

法を記述する。

3. 測定方法について

最初に、PCと本体をUSB接続し、測定ヘッドの選定するため、図３の各種設定領域にある「ロガーへの接続」、「校正ファイルオープン」ボタンを使用する。以下、測定方法について順に記述する。

（1） 図３の各種設定領域にある「ファン供給電圧」を入力する。入力値は上方に表示されている「ファン電圧有効範囲」を参考にして、その範囲内でできるだけ広範囲に均等に変化させる。たとえば、ファンはMサイズのもので、電圧は４～12Vの有効範囲となっている場合、「12」とキーボードから入力した後に「サンプル開始」ボタンをクリックする。

（2）最初の測定のサンプリングを開始すると、右上半分のグラフ領域「温度変化ΔT（＝T1－T0）の変化」に表示される。電子部品の発熱量やファンの電圧によって異なるが、約２～３分程度でグラフが一定の値に漸近する。十分に一定になったと判断したら、画面左端中央の「取り込み」ボタンを押す。

（3）左下のグラフ領域と、右下半分の表形式の領域の最上段に、サンプリングした結果が順次表示される。ここでは「ファン供給電圧」として「12」→「10」→「8」→「6」→「4」ボルトと連続して測定している。

（4）上記の（1）～（3）を複数回繰り返す。事例のように「ファン電圧有効範囲」をできるだけ広く均一にカバーすることで精度の高い結果を得ることができる。その際、サンプリングの回数や正確さは、左下グラフ領域の「電圧－ΔT(取込済みデータ)」から判断できる。複数回数のサンプリング結果において大きく誤差を含むために逸脱した結果が存在すると判断される場合には、左下半分の表形式の測定データの表示領域において該当する「行」を削除することが可能である。逆に不足している場合には測定を追加することも可能であり、図４に示すように、「12」→「10」→「8」→「6」→「4」ボルトの測定後に、追加して→「12」→「10」まで実施した事例である。

（5）事例では全７回の測定後に、サンプリングを終了すると判断した場合には、「熱量計算」ボタンをクリックすることで、左下端の「計算結果」において、発熱量の測定結果が表示される。ここには、測定結果から推定された発熱量として「Qg（平均）」が表示される。（この事例の結果では発熱量

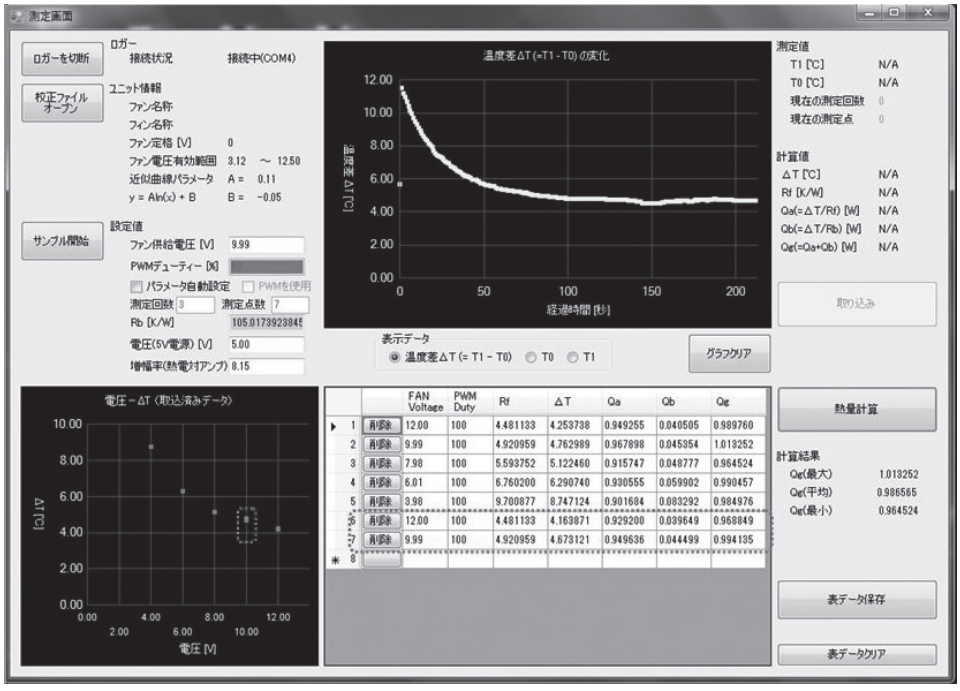

図4　測定画面の事例

の測定結果は約0.98Wと表示されており、1Wの発熱部品を使用しているので、推定誤差は約2%であった)。

4.隣接部品の影響と対策

本システムによる測定精度は、単独部品の場合に5%以下であるが、周囲に隣接する部品の発熱の影響を受ける。ここでは隣接部品の測定精度への影響と、それをキャンセルするための2つの対策について記述する。

検証のために、図5に示すようなプリント配線板を用いた。同図において、青色に測定対象の1W発熱の部品と、隣接する発熱部品3個を赤色にて示した。

なお、第一報で記述した測定原理に基づき、商品化した空冷ファン式における方程式を式(1)に示した。

$$Qg = Qa + Qb = (T1 - T0)/Rf + (T1 - T0)/Rb \quad \cdots\cdots(1)$$

ここでは、Qg:測定対象の発熱量、Qa:測定ヘッドへの放熱量、Qb:基板への放熱量、Rf:測定ヘッドの熱抵抗、Rb:基板の熱抵抗、とした。

(1)放熱による影響キャンセル手段

隣接部品の熱は、空間を経由して影響する場合と、プリント配線板を経由して影響する場合がある。前者では、測定ヘッドへの吸い込み空気の温度に誤差が生じる(温度が上昇する)ために、ΔTが減少することによるQaとQbの誤差が式(2)のように発生する。ここで、誤差を含む数値には「*」を付記して表現した。

$$Qg^* = Qa^* + Qb^* = (T1^* - T0)/Rf + (T1^* - T0)/Rb^* \quad \cdots\cdots(2)$$

図6にも示したように、単独部品の場合と異なり、隣接の影響により測定ヘッドへの吸込み温度がT0より高くなり、温度T1も上昇、Qaの計算値が増加して測定誤差は増える(36%誤差)。いっぽう、プリント配線板の温度も上昇することによりQbの放熱が困難となっていることも影響して、本システムによるRb予測値が単体の実測値と比して大きくなることが確認された。

そこで、隣接部品の上面に厚さ0.5mmの銅板、その上にLサイズの測定ヘッドを設置して放熱することを図った。その結果、図6の最下段のように、ΔTも復帰し、測定誤差は5%以下に復帰すると共に、Rbの予測値も単独部品の時と同レベルを示した。なお、図6は、図5の隣接部品①のみを発熱した場合である。

ただし、隣接発熱が増加する場合、たとえば図5における部品①と②が同時に発熱する場合には、放熱用にLサイズの測定ヘッドを2個使用したが(誤差3%)、③まで含めて発熱する場合には放熱不足により誤差が増加した(22%)。隣接の発熱量が大きい場合には、相当する放熱手段の設置

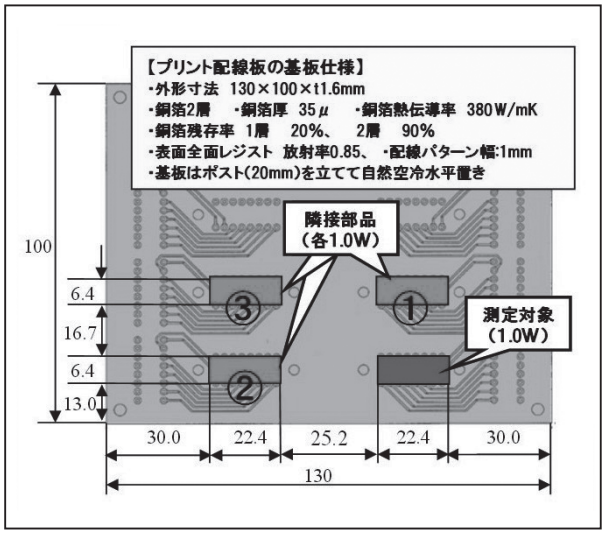

図5 検証に使用したプリント配線板と発熱部品

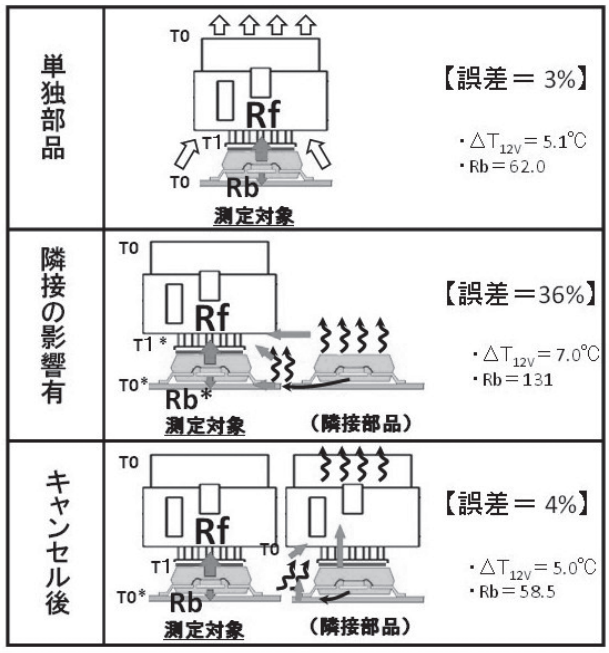

図6 放熱による隣接部品の影響キャンセル

が必要である。

(2)放熱しない影響キャンセル手段(開発中)

次に、現在開発中のキャンセル手段について記述する。上述の(1) にて測定ヘッドの吸気温度T0が上昇してしまう点で課題であったが、その点に注目、吸気位置を変更すべく測定ヘッドのファンを逆回転する。

図7に示したように、測定ヘッドへの吸気は新設した遮熱板の上方から供給する。いっぽう、測定対象含むすべての電子部品から上昇する熱は遮熱板の下面に沿って排出される。ここで、遮熱板は傾斜を有しており、下端はプリント配線板と同等か、それ以下の高さになるよう構成している。上端では下面から上昇する高温気流にエントレインされて、遮熱板の上面には室温の空気が遮熱板に沿って上昇する。この気流性状により、測定ヘッドには室温T0の気流が連続供給される構成となっている。なお、遮熱板は厚紙のような簡単な部材でも十分に機能するので、測定対象のプリント配線板の大きさに応じて手作りも可能であり、不安定な測定ヘッドの固定にも具備できる。

図7には、測定結果も示している。図5の隣接部品②の場合であるが、誤差は4%と良好である。ただし、ΔTが(1)の手段と比して約1℃低くなっているが、ヒートシンクのファンによる放熱効果が増加していることに起因する。また、Rbの値は増加しているが、(1)の場合と異なり、プリント配線板の温度が上昇したままであるためである。なお、この(2)の手段では、図5の隣接部品①から③のすべての部品を発熱させても、誤差5%以下であった。

以上のように、隣接する部品の発熱への対策として2つ手段を記述した。前者(1)は、手間が掛かることが欠点であるが、後者(2)ではRb値が大きな値のまま測定される。そのために、熱抵抗Rbを計測することにより解析シミュレーションへの連携を図る上では、(2)の手段だけでは不十分といえる。

5.まとめ

商品化した発熱量測定システムの紹介と共に、実運用上の課題および有効な対策について報告した。今後も熱設計ソリューションの一役として貢献したい。

<引用文献>

1) 梶田欣、岩間由希、国峯尚樹:「基板上に実装された電子部品の発熱量測定手法の開発」、日本機械学会熱工学コンファレンス講演論文集、pp247-248(2012.11)

2) 長光左千男:「電子部品発熱量測定システム『PM-100』～①測定原理について～」、エレクトロニクス実装技術、pp16-19(2013.10)

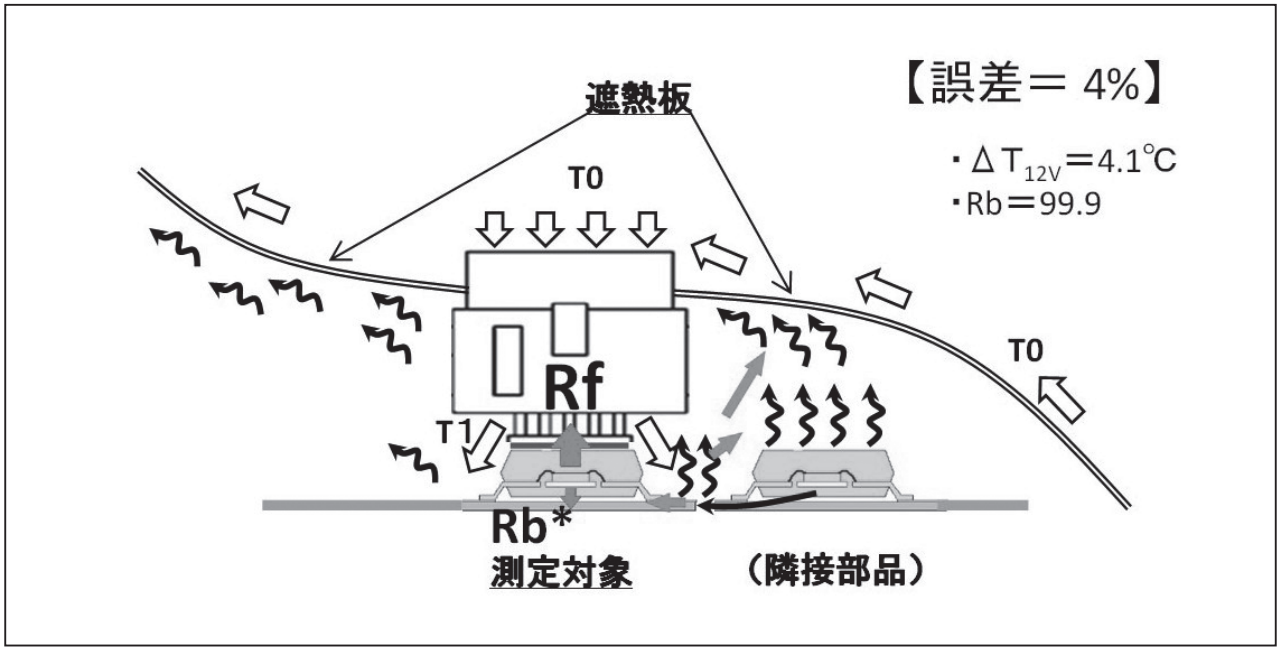

図7　新しい影響キャンセル手段(開発中)